

УДК 311

**ПРОГНОЗУВАННЯ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН В МІСТІ  
КРОПИВНИЦЬКИЙ НА ОСНОВІ ARIMA МОДЕЛЕЙ ТА МЕТОДУ  
ЕКСПОНЕНЦІЙНОГО ЗГЛАДЖУВАННЯ**

**Боса Анна**

**Науковий керівник: канд.ф.-м. наук, доцент Акбаш К.С.**

*Центральноукраїнський державний педагогічний університет*

*імені Володимира Винниченка*

***Анотація.** У статті проведено прогнозування кліматичних показників у місті Кропивницький на основі ARIMA моделей та методу експоненціального згладжування на 2021 рік. Розглядаються статистичні методи обробки та аналізу метеорологічної інформації, методи прогнозування. Найкращою моделлю для знаходження прогнозу по показнику "місячна мінімальна температура, мінімальний тиск, середні місячні вечірні температури" є модель ARIMA з параметрами (1;0;1). Для прогнозування показника "місячна максимальна температура" слід використовувати модель ARIMA (0;1;1). Для показника "максимальний тиск" найкращою є модель ARIMA (1;1;0). Лише для прогнозування показника "середні місячні денні температури" доцільно використовувати метод експоненційного згладжування моделлю Хольта. Спираючись на спрогнозовані дані можна стверджувати, що відбудеться значне потепління у місті Кропивницький.*

*Ключові слова: аналіз, прогнозування, кліматичні показники, ARIMA-модель, модель експоненційного згладжування*

**FORECASTING CLIMATE CHANGE IN THE CITY OF  
KROPYVNYTSKY BASED ON THE ARIMA MODELS AND  
EXPONENTIAL SMOOTHING METHODS**

**Bosa Anna**

**Scientific supervisor: Candidate of Physics and Mathematics Sciences,  
Docent Akbash K.S.**

*Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State Pedagogical University*

**Abstract.** *The article forecasts climatic indicators in Kropyvnytskyi based on ARIMA models and exponential smoothing methods for 2021. Statistical methods of processing and analysis of meteorological information, forecasting methods are considered. The best model for finding a forecast for the indicator "monthly minimum temperature, minimum pressure, average monthly evening temperatures" is the ARIMA model with parameters (1; 0; 1). The ARIMA (0; 1; 1) should be used to predict the "monthly maximum temperature". The ARIMA model (1; 1; 0) is the best for the "maximum pressure" indicator. It is advisable to use the method of exponential smoothing of the Holt model only to predict the indicator "average monthly daily temperatures". Based on the forecast data, it can be stated that there will be a significant warming in Kropyvnytskyi.*

**Keywords:** *analysis, forecasting, climatic indicators, ARIMA-model, exponential smoothing method*

**Постановка проблеми.** Метеорологія – це наука про земну атмосферу, яка вивчає її фізичні явища та процеси. Як наукова дисципліна вона включає в себе синоптичну метеорологію, тобто науку про закономірності зміни погоди. Сучасні дослідження у галузі метеорології спроможні об'єктивно проаналізувати майбутнє нашої планети та життя на ній з огляду на реальні та потенційні кліматичні зміни. Збирання даних синоптичних даних здійснюється, по-перше, з метою оперативного доведення інформації до підрозділів метеорологічної служби, які займаються обслуговуванням різних галузей господарства (прогнози погоди, штормові попередження тощо) і, по-друге, для накопичення, з метою узагальнення характеристик про метеорологічний режим та проведення наукових досліджень [4]. Тому важливо досліджувати закономірності у метеорологічних дослідженнях, щоб можна було робити різного роду прогнози. Це вкрай важливо, адже ми знаходимося на етапі зміни клімату. Наразі підвищення глобальної

температури поверхні Землі, є однією з проблем планетарного масштабу з тривожними прогнозами, що викликає підвищений інтерес протягом останніх десятиліть. Глобальне потепління – це спостережуване або прогнозоване підвищення середньої температури поверхні, що являє собою середньозважену по площі: 1) температуру поверхні океану, тобто підповерхневу середньомасову температуру океану на глибині декількох метрів; 2) поверхневу температуру повітря на суші на висоті 1,5 м над рівнем ґрунту [5,4].

### **Аналіз досліджень і публікацій.**

Модель ARIMA можна застосовувати для прогнозування показників різних галузей. Покажемо це на аналізі публікацій. В статті [1] виконаний прогноз температури повітря на основі ARIMA моделі з параметрами (4;1;6) для Чорногірського геостационару і виявлено несуттєве збільшення показників. В статті [6] виконувався прогноз з використанням моделі ARIMA для планування споживання теплової енергії в Росії, який досить точно прогнозує значення фактичного споживання: в середньому помилка прогнозування склала 4,95%. В статті [7] виконаний прогноз споживання нафтопродуктів у Франції на 2013 рік, який не показав себе досить ефективним, не дивлячись на адекватність прогнозу на 2013 рік. В статті [2] було знайдено модель ARIMA з мінімальним числом параметрів (1,1,0), яка дозволяла здійснювати достовірні короткострокові прогнози. В статті [8] побудована модель, що дозволяє отримувати майбутні значення цін активів для чотирьох найбільших компаній банківського сектора, але у точках зміни зростання акції на падіння неможливо точно прогнозувати поведінку моделлю ARIMA, хоча вона точно описує поведінку часового ряду.

Прогнозування метеоданих забезпечує важливу інформацію про майбутню погоду. Для прогнозування ми обрали відомі методи експоненціального згладжування, а також модель авторегресії ARIMA.

Метод експоненціального згладжування – це метод математичного перетворення, який застосовується при прогнозуванні часових рядів [1,с.211].

На сьогоднішній день існує безліч робіт, присвячених розробці прогнозних моделей. Найбільш популярною моделлю прогнозування є моделі авторегресії і проінтегрованого ковзного середнього (ARIMA). Це - важливий клас параметричних моделей, який дозволяє описувати нестационарні ряди. Вперше систематичний підхід до побудови моделі ARIMA був викладений Боксом і Дженкінсом в 1976 році [2,с.42].

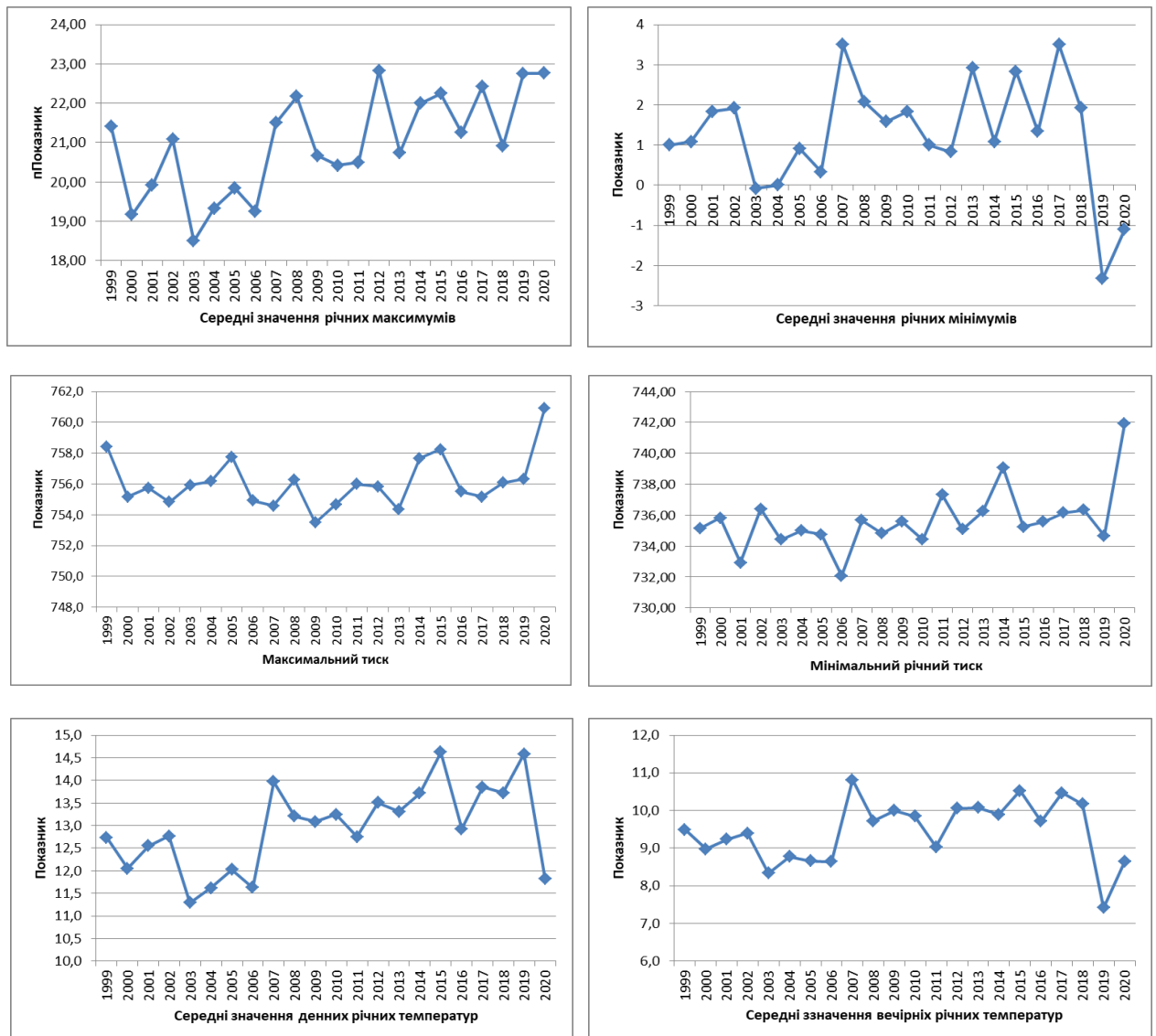
**Мета статті:** знаходження кращих ARIMA-моделей та моделей експоненційного згладжування для розрахунку прогнозних значень основних метеорологічних показників у місті Кропивницький за період 1999-2020 рр.

#### **Виклад основного матеріалу дослідження.**

Проаналізуємо дані кліматичних показників у місті Кропивницький за 1999-2020рр. Статистичні дані отримано з щоденника погоди у місті Кропивницький [9] та архіву кліматичних даних [10].

Проведемо візуальний аналіз отриманих показників. Для цього побудуємо графіки до кожного кліматичного показника наведено на рис.1.

Аналізуючи показники, можемо спостерігати, що вони циклічно то збільшуються, то зменшуються. Значне зменшення середніх річних мінімальних температур відбувся у 2019 році. Також значні збільшення максимального та мінімального річних тисків відбулися у 2020 році. Аналізуючи показники середніх вечірніх річних температур можна стверджувати, що вони на рівні міста за останні декілька років стали, лише значне зниження відбулося у 2019 році.



**Рис.1.** Динаміка змін кліматичних показників (температури та тиску) за 1999-2020 рр. у м. Кропивницький

Виконаємо прогнозування показників на 2020 рік методом експоненційного згладжування за моделями Хольта і Брауна, а також з використанням моделі ARIMA з різними параметрами для того, щоб обрати найбільш точний для прогнозування показників на 2021 рік, порівнявши емпіричні значення з теоретичними та порахувавши відхилення між ними. Кращим будемо вважати метод, який матиме найменшу по модулю суму відхилень.

Порахувавши спрогнозовані значення, можна стверджувати, що для кліматичних показників будуть використовуватися моделі:

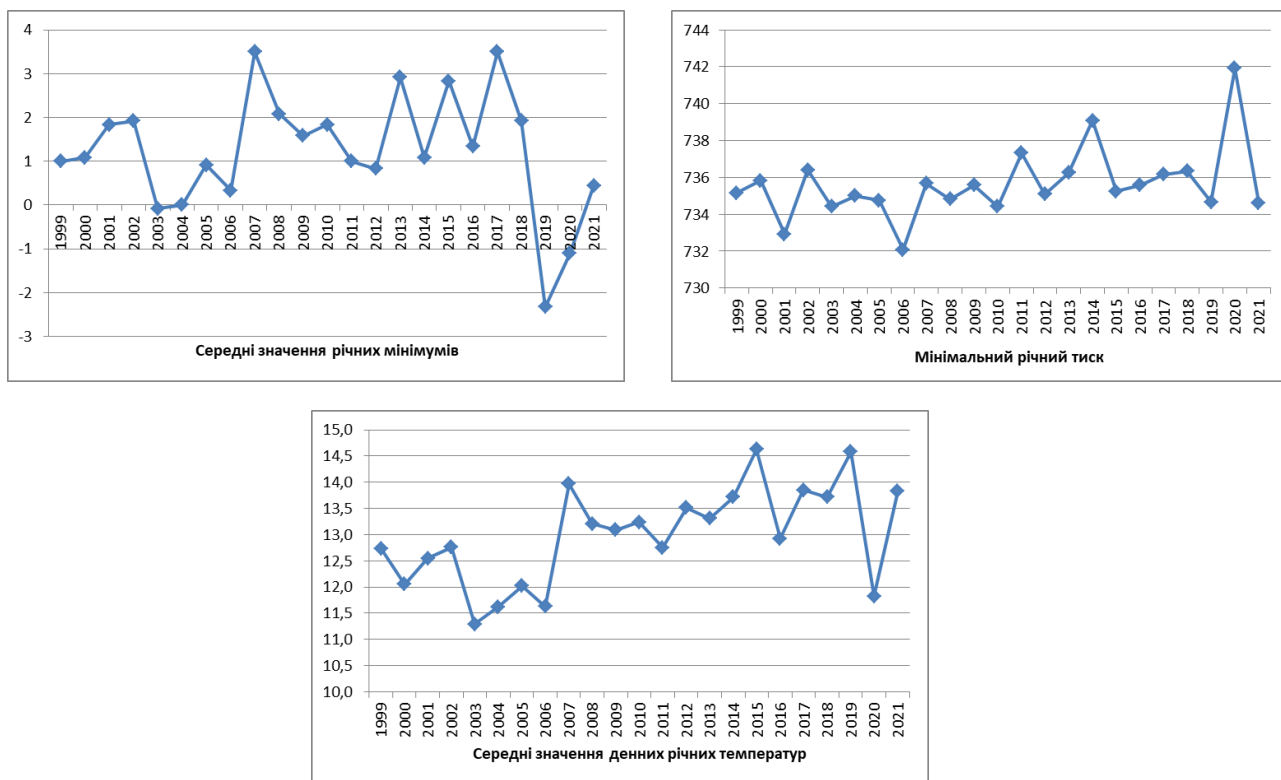
- ARIMA(1,0,1) для показників «місячна мінімальна температура», «мінімальний тиск», «середня місячна вечірня температура»;
- ARIMA(0,1,1) для показника «місячна максимальна температура»;
- ARIMA(1,1,0) для показника «максимальний тиск»;
- метод експоненціального згладжування моделлю Хольта для показника «середня місячна денна температура».

Зведемо загальну таблицю, в якій представимо результати методів короткострокового прогнозування кліматичних показників на 2021 рік. Всі обрахунки и проводимо у статистичному пакеті SPSS [3].

**Таблиця 1.** Спрогнозовані кліматичні показники на 2021 рік

	січень	лютий	березень	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень	листопад	грудень
	ARIMA(0,1,1), $R^2=0,443$ , значущість=0,534											
Максимальна місячна температура	6,2	9	19	25	29	33	34	34	33	22	15	10
	ARIMA(1,0,1), $R^2=0,11$ , значущість=0,461											
Мінімальна місячна температура	-16	-12	-6	-2	8	12	15	14	8	1	-6	-9
	ARIMA(1,1,0), $R^2=0,165$ , значущість=0,295											
Максимальний місячний тиск	757	764	763	764	753	755	750	755	760	760	766	764
	ARIMA(1,0,1), $R^2=0,116$ , значущість=0,583											
Мінімальний місячний тиск	732	731	730	734	735	735	738	738	736	739	736	731
	Метод експоненціального згладжування за моделлю Хольта, $R^2=0,804$ , значущість=0,392											
Середня денна температура	-2,8	1,4	8,3	15,9	21,8	26,6	25,8	27,0	22,1	13,3	5,7	0,9
	ARIMA(1,0,1), $R^2=0,101$ , значущість=0,583											
Середня вечірня температура	-4,2	-1,7	2,0	10,6	16,2	20,8	20,7	21,7	15,4	9,3	3,3	-0,1

Проаналізувавши отримані дані, можемо стверджувати, що відбудеться значне збільшення або зниження показників. Детально можна розглянути це на графіках змін показників.



**Рис.1.** Динаміка змін кліматичних показників за 1999-2020 рр. та прогноз на 2021 рік у м. Кропивницький

**Висновки та перспективи подальших пошуків у напрямі дослідження.** Як показало дослідження, доцільніше для прогнозування кожного метеорологічного показника використовувати різні методи прогнозування з конкретними параметрами, тому що розглянуті методи дають різні по адекватності прогнози показників, про що говорять значення показників коефіцієнтів детермінації та візуальні змодельовані значення часових рядів.

Проаналізувавши результати, можна стверджувати, що кліматичні показники у місті Кропивницький не мають стабільної динаміки, вони періодично трохи збільшуються, а періодично трохи зменшуються, але не суттєво, тобто їх середній показник по рокам залишається приблизно однаковим на протязі десятиріччя.

Перспективою подальшого дослідження на базі даного дослідження є застосування інших важливих методів прогнозування даних, які зможуть

показати більш точний прогноз. Також використання теорії екстремальних значень по відношенню до зібраних даних.

### Бібліографія

1. Дзендзелюк О., Костів Л. Побудова ARIMA моделей часових рядів для прогнозування метеоданих на мові програмування R / О. Дзендзелюк, Л. Костів, В. Рабик // Електроніка та інформаційні технології: Зб. наук. праць / Редкол. – Л.:ЛНУ ім. І.Я. Франка. – № 3. – 2013. – С. 211–219
2. Крюков Ю.Ф., Чернягин Д.В. ARIMA — модель прогнозирования значений трафика // Информационные технологии и вычислительные системы – № 2. – 2011. – С. 42-49
3. Лупан І.В., Авраменко О.В., Акбаш К.С. Комп'ютерні статистичні пакети: навчально-методичний посібник. – 2-ге вид. – Кіровоград: «КОД» 2015. – 236 с.
4. Гончарова Л.Д. Методи обробки та аналізу гідрометеорологічної інформації: Конспект лекцій. Одеський державний екологічний ун-тет. – Одеса, 2017. – 120 с.
5. Басок Б.І., Базєєв Є.Т. Глобальне потепління: проблеми, дискусії та прогнози // Світогляд. – № 6. –2020. – С. 4-15
6. Корбылева Д.Е. Использование модели ARIMA для планирования потребления тепловой энергии // Технические науки. – Новосибирск. – С. 3-8
7. Доронина А.И. Модели временного ряда: AR(P), MA(Q), ARIMA(P,D,Q). Пример исследования потребления нефтепродуктов во Франции. – Москва. – 21 с.
8. Красулин А.А. Прогнозирование случайных процессов на примере акций российских компаний банковского сектора. – Москва. – 9 с.
9. Щоденник погоди для школярів. URL: <https://www.gismeteo.ru/diary/30334/> (дата звернення 04.03.2021)
10. Метеопост. Статистика погоди. Кліматичні дані по роках та місяцях. URL: <https://meteopost.com/weather/climate/> (дата звернення 17.02.2021)